

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-023004

(43)Date of publication of application : 23.01.2002

(51)Int.Cl.

G02B 6/30
G02B 6/122

(21)Application number : 2000-211441

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 12.07.2000

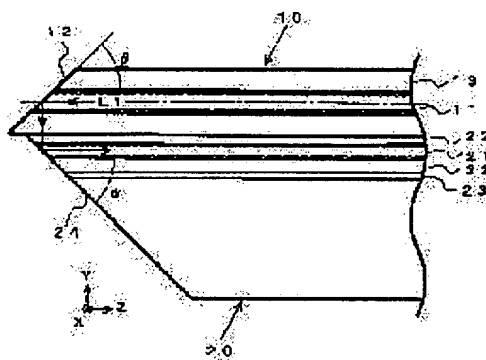
(72)Inventor : NAKASO MARIKO

(54) OPTICAL COUPLING STRUCTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical coupling structure that facilitates optical coupling between an optical fiber and a waveguide through a little adjustment of the optical axis and that also improves mechanical strength of the joint part.

SOLUTION: The base plate 20 of the optical waveguide is formed with a first total reflection surface 24 on the end at an inclination of 45° to the optical axis direction of the waveguide 21. The optical fiber 10 is formed with a second total reflection surface 12 at an inclination of 45° similarly to its optical axis direction. The optical fiber 10 is arranged along the upper face of the base plate 20 of the waveguide and fixed so that the center position of the second total reflection surface 12 comes immediately above that of the first total reflection surface 24 of the waveguide 21. The light waves L1 made incident to the optical fiber 10, after totally reflected on the second total reflection surface, enter the first total reflection surface 24 of the waveguide 21. Then, the light waves L1 are totally reflected on the first total reflection surface 24 and propagated to the waveguide 21. Thus, the optical fiber 10 and the waveguide 21 are optically coupled.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-23004
(P2002-23004A)

(43) 公開日 平成14年1月23日 (2002.1.23)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テ-マ-ト* (参考)

G 0 2 B 6/30
6/122

G 0 2 B 6/30
6/12

2 H 0 3 7
A 2 H 0 4 7

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2000-211441 (P2000-211441)

(22) 出願日 平成12年7月12日 (2000.7.12)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 中曾 麻理子

神奈川県横浜市港北区綱島東四丁目3番1

号 松下通信工業株式会社内

(74) 代理人 100098291

弁理士 小笠原 史朗

Fターム(参考) 2H037 AA01 BA24 CA10 CA36 CA39

DA12 DA17

2H047 KA04 KA15 MA05 RA08 TA04

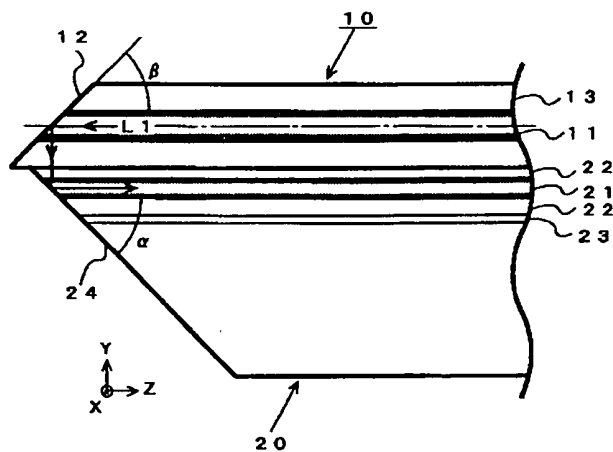
TA32 TA47

(54) 【発明の名称】 光結合構造

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバと光導波路とを、少ない光軸調整で簡易に光結合させることができ、接続部の機械的強度も向上する光結合構造を提供することである。

【解決手段】 光導波路基板20は、光導波路21の光軸方向を基準に傾斜角度45°で、その端部に第1の全反射面24を形成している。光ファイバ10は、その光軸方向を基準に傾斜角度45°で、その端部に第2の全反射面12を形成している。光ファイバ10は、光導波路基板20の上面に沿うように配置され、第2の全反射面12の中心位置が、光導波路21の第1の全反射面24の中心位置の直上になるように固定される。光ファイバ10に入射された光波L1は、第2の全反射面12で全反射した後、光導波路21の第1の全反射面24に入射する。次に、光波L1は、第1の全反射面24で全反射し、光導波路21に伝搬する。このように、光ファイバ10と光導波路21とは光結合される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 2 種類の異なる光伝搬媒体同士を光結合させるための構造であって、
端部に傾斜面を有する光導波路基板と、
前記光導波路基板の上面付近に形成され、かつその端部に前記傾斜面と同一平面上に第 1 の全反射面を有する光導波路と、

前記光導波路基板上に配置され、かつその端部に第 2 の全反射面を有する光ファイバとを備え、
前記光導波路と前記光ファイバとの相互の位置関係は、
前記光導波路内を伝搬して前記第 1 の全反射面で全反射された光波の少なくとも一部が前記第 2 の全反射面と交差し、かつ、前記光ファイバ内を伝搬して前記第 2 の全反射面で全反射された光波の少なくとも一部が前記第 1 の全反射面と交差するような位置関係に調整されていることを特徴とする、光結合構造。

【請求項 2】 前記光導波路は、クラッド層に取り囲まれていることを特徴とする、請求項 1 に記載の光結合構造。

【請求項 3】 前記光導波路の光軸方向に対する前記第 1 の全反射面の角度 α と、前記光ファイバの光軸方向に対する前記第 2 の全反射面の角度 β とは、関係式 $\alpha + \beta \approx 90^\circ$ で設定されることを特徴とする、請求項 1 に記載の光結合構造。

【請求項 4】 前記第 1 の全反射面の角度 α は 45° で設定され、
前記第 2 の全反射面の角度 β は 45° で設定されることを特徴とする、請求項 3 に記載の光結合構造。

【請求項 5】 前記光ファイバは、前記光導波路基板上に接着剤で固定されることを特徴とする、請求項 1 に記載の光結合構造。

【請求項 6】 前記接着剤は、クラッド層と同じ屈折率を有し、
前記光ファイバと前記光導波路との間を伝搬する光波が通過する空間は、前記接着剤で埋められることを特徴とする、請求項 5 に記載の光結合構造。

【請求項 7】 前記光導波路基板上には、条溝が形成され、
前記光ファイバは、前記条溝に沿って配置されることを特徴とする、請求項 1 に記載の光結合構造。

【請求項 8】 前記光ファイバには、前記光導波路と前記光ファイバとの前記位置関係を定置させるためのアライメント面が形成されることを特徴とする、請求項 1 または 7 に記載の光結合構造。

【請求項 9】 前記光導波路基板には、前記光導波路と前記光ファイバとの前記位置関係を定置させるためのアライメント面が形成されることを特徴とする、請求項 1 または 7 に記載の光結合構造。

【請求項 10】 前記光ファイバと前記光導波路基板との前記位置関係は、前記光ファイバと前記光導波路とが

光結合される光強度が、最適な光減少量となるような位置関係に調整されることを特徴とする、請求項 1 に記載の光結合構造。

【請求項 11】 前記光ファイバを、前記光導波路基板に対して任意の方向に移動させるための可動手段をさらに備えている、請求項 1 に記載の光結合構造。

【請求項 12】 前記光導波路基板には、前記傾斜面に半透過型反射膜を介して、他の光導波路基板が接合されており、

10 前記他の光導波路基板には、前記光導波路と光結合される別の光導波路が形成されていることを特徴とする、請求項 1 に記載の光結合構造。

【請求項 13】 前記光導波路基板には、前記傾斜面に半透過型反射膜を介して、光ファイバが接合されることを特徴とする、請求項 1 に記載の光結合構造。

【請求項 14】 前記光導波路基板には、前記傾斜面に半透過型反射膜を介して、受光素子が接合されることを特徴とする、請求項 1 に記載の光結合構造。

【請求項 15】 前記光導波路基板には、前記傾斜面に波長分離フィルタを介して、他の光導波路基板が接合されており、

前記他の光導波路基板には、前記光導波路と光結合される別の光導波路が形成されていることを特徴とする、請求項 1 に記載の光結合構造。

【請求項 16】 前記光導波路基板には、前記傾斜面に波長分離フィルタを介して、光ファイバが接合されることを特徴とする、請求項 1 に記載の光結合構造。

【請求項 17】 前記光導波路基板には、前記傾斜面に波長分離フィルタを介して、受光素子が接合されることを特徴とする、請求項 1 に記載の光結合構造。

【請求項 18】 前記傾斜面を有する前記光導波路基板は、所定の傾斜角が設けられた金型を用いたプレス成形によって形成されることを特徴とする、請求項 1 に記載の光結合構造。

【請求項 19】 前記光導波路の上部の前記クラッド層は、ディップコーティング法によって形成され、
前記光導波路基板の前記傾斜面には、ディップコーティング法によって同時に保護膜が形成されることを特徴とする、請求項 2 に記載の光結合構造。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光結合構造に関し、より特定的には、光ファイバと光導波路との間を光結合するための構造に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、光通信システムを構成するには、発光素子、受光素子、光スイッチ、光分岐結合器、光合波分波器等の各種光素子が必要であり、これら光素子を光学的に結合する必要がある。初期の光通信システムは、これら光素子にレンズ、プリズム等の光学部品を組

み合わせて構成されていた。しかし、レンズ、プリズム等の光学部品を実装した光通信システムは、大型であり、コストが高く、さらに、光通信システムに要求される機械的安定性を確保することが困難であった。そこで、基板上に配置された複数の光素子を、同じく基板上に設けられた光導波路によって光学的に結合させることが考えられた。この光導波路は、屈折率の大きい物質から成り、その内部に光が伝搬する。また、光導波路は、一部を分岐させることによって光分岐結合器を構成したり、厚さを変化させることによってレンズ等を構成する等、各種光学素子と同等の機能を作り込むこともできる。従って、光導波路は、多機能化の可能性を有し、光回路の小型化、低コスト化、高性能化に対応できる光部品である。一方、光通信の伝送路としては、通常、光ファイバが使用されるため、光ファイバと光導波路とを、光学的に結合する必要がある。光ファイバと光導波路とを光学的に結合する方法としては、高効率化が図れること、構造が簡単なこと等から、従来は、端面結合法が実用上最も有効と考えられている。

【0003】図13は、従来の端面結合法により接続された、光ファイバと光導波路との、光結合構造の一例を示す図である。なお、図13(a)は、上面からの図を示し、図13(b)は、図13(a)に示す断面e-e'をf方向から見た断面図を示している。上記端面結合法による光結合構造は、ファイバーサポート60上に取り付けられた光ファイバ100と、光導波路基板200とを備えている。光ファイバ100は、その中心部に配置されたコア101と、コア101を取り囲むクラッド103とを備えている。光導波路基板200は、その上部に設けられた断面矩形状の光導波路201と、光導波路201を取り囲むクラッド層202とを備えている。光ファイバ100のコア101の端面は、光導波路201の端面に直接突き合わせるように接続される。光ファイバ100は、光導波路基板200に適当な接着剤(図示せず)で固定される。コア101および光導波路201の各端面は、導波光進行方向に対して垂直な状態になっている。光導波路201とコア101とは直接的な当接関係にあるので、コア101の導波光は、直接、光導波路201に入射する。なお、結合効率をさらに高めるために、光ファイバ100と光導波路201との間に結合レンズを設け、コア101の出射光を光導波路201に効率的に入射させる、光学的な結合法が用いられる場合もある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上述の端面結合法では、図13に示すように、光導波路201の端面と光ファイバ100のコア101とを直接接合する。そのため、光導波路201を基準に考えた場合、図13に示す、X軸(水平)方向、Y軸(垂直)方向、 θ_x (X軸回転)方向、および θ_y (Y軸回転)方向の計4方向に

ついて、光ファイバ100を光軸調整する必要がある

(以下、光軸調整の方向は、光導波路を基準に、光ファイバを光軸調整する方向で記載する)。また、コア101のサイズは、 μm オーダーであるため、光導波路201と光ファイバ100との正確な接合作業は困難であり、作業効率が悪く、大量生産にも向かない。また、光ファイバ100は、光導波路基板200に適当な接着剤(図示せず)で固定される。しかし、光ファイバ100の接着面積が小さいために、光ファイバ100の接着強度は小さく、光ファイバ100と光導波路基板200との光結合部は、機械的安定性が不足する場合があった。

【0005】一方、例えば、特許2946434号公報には、他の接続方法が開示されている。図14は、特許2946434号公報で開示された、光導波路と光ファイバとの光結合構造の一例を示す側断面図である。図14において、上記光結合構造は、光ファイバ100aおよび100bと、光導波路基板300とを備えている。光ファイバ100aおよび100bは、それぞれ、中心部に配置されたコア101aおよび101bと、コア101aおよび101bを取り囲むクラッド103aおよび103bとを備えている。光導波路基板300は、その上部に設けられた断面矩形状の光導波路301と、光導波路301の下部に設けられたクラッド層302およびバッファ層303とを備えている。なお、光導波路301の上部は、外部に露出している。光ファイバ100aおよび100bの端面は、斜めにカットされ、該カットされたコア101aおよび101bの端面は、光導波路301の上面に接続される。光ファイバ100aおよび100bは、光導波路基板300に適当な接着剤(図示せず)で固定される。この方法によれば、図14に示す、X軸(水平)方向、 θ_x (X軸回転)方向、 θ_y (Y軸回転)方向、および θ_z (Z軸回転)方向の計4方向について、光ファイバ100aおよび100bの光軸調整が必要となる。しかし、上記光結合構造では、光ファイバ100aおよび100bの端面の表面積が大きくなるので、前述の端面結合法と比較すると、 θ_x 方向については、光ファイバ100aおよび100bの光軸調整が緩和される。また、光ファイバ100aおよび100bと光導波路基板300との接着面積が増大するので、光ファイバ100aおよび100bと光導波路基板300との接着強度は向上する。

【0006】しかしながら、この従来例では、光ファイバ100aおよび100bは、光導波路301上に接続されるため、光ファイバ100aおよび100bを、それぞれ支えるための支持部品を、光導波路301上に取り付けなければならない。また、上記支持部品は、光ファイバ100aおよび100bに対して、それぞれの取り付け角度に合わせた光ファイバ取り付け面が必要であり、複雑な形状となる。従って、上記支持部品の取り付けおよび作製は困難であった。また、上記部品を取り付

けない場合は、光ファイバ100aおよび100bには、重力等が常に作用するため、機械的負荷がかかりやすく、光結合部は、不安定な構造となっていた。また、光導波路301から光ファイバ100aおよび100bへ伝搬する光波は、分岐構造であることから、光導波路301に導波する光波の一部がしみ出す程度であり、光ファイバ100aおよび100bと光導波路301との光結合効率は良くなかった。また、光ファイバ100aおよび100bの端面カットの角度は、伝搬する波長によって一義的に決まり、光ファイバ100aおよび100bは、複数の波長を光結合させることができなかった。さらに、光ファイバ100aおよび100bと光導波路301との光接合部では、光ファイバ端面の位置、角度等が正確に設定されない場合、モード不整合が発生することがある。また、光導波路301の上部は、外部に露出しているため、光導波路301内を伝搬する光波には、光強度分布や光導波モード分布の不均衡が発生していた。従って、外部に露出した光導波路301は、上記光結合部のモード不整合を助長する原因となっていた。

【0007】それ故に、本発明の目的は、光ファイバと光導波路とを少ない光軸調整で簡易に光結合することができ、光結合損失も少なく、また、光ファイバと光導波路基板との接続部の機械的強度も向上する光結合構造を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段および発明の効果】上記目的を達成するために、本発明は、以下に述べるような特徴を有している。第1の発明は、2種類の異なる光伝搬媒体同士を光結合させるための構造であって、端部に傾斜面を有する光導波路基板と、光導波路基板の上面付近に形成され、かつその端部に傾斜面と同一平面上に第1の全反射面を有する光導波路と、光導波路基板上に配置され、かつその端部に第2の全反射面を有する光ファイバとを備え、光導波路と光ファイバとの相互の位置関係は、光導波路内を伝搬して第1の全反射面で全反射された光波の少なくとも一部が第2の全反射面と交差し、かつ、光ファイバ内を伝搬して第2の全反射面で全反射された光波の少なくとも一部が第1の全反射面と交差するような位置関係に調整されていることを特徴とする。

【0009】第1の発明によれば、光ファイバと光導波路との光軸調整の方向を水平方向、垂直方向、光軸方向の3方向についてそれぞれ座標軸として考えた場合、光ファイバが光導波路基板上に沿うように配置されるため、垂直軸方向および水平軸回転方向についての光ファイバの光軸調整は不要となる。また、第2の全反射面の中心を軸として、垂直軸回転方向に光ファイバを回転させても、光ファイバを光導波路との光結合状態は変化しないため、垂直軸回転方向の光軸調整は不要となる。その結果、従来の端面接続法による光結合構造で必要であ

った、計4方向についての光ファイバの光軸調整は、水平軸方向、光軸方向、光軸回転方向の計3方向の光軸調整で済む。従って、光導波路と光ファイバとの光軸調整作業の効率が良くなる。また、光ファイバは、光導波路基板の上面に沿うように配置されるため、光結合部の機械的安定度が向上する。しかも、全ての波長の光波を反射することができる全反射特性を利用しているため、伝搬する光波の波長により、第1の全反射面および第2の全反射面の傾斜角度を考慮する必要がない。また、光結合部は、光導波モードの不整合も発生しない。

【0010】第2の発明は、第1の発明に従属する発明であって、光導波路は、クラッド層に取り囲まれていることを特徴とする。

【0011】第2の発明によれば、光導波路が周囲をクラッド層で取り囲まれているため、光波は、光強度分布や光導波モード分布の不均衡を発生することなく、光導波路を伝搬することができる。

【0012】第3の発明は、第1の発明に従属する発明であって、光導波路の光軸方向に対する第1の全反射面の角度 α と、光ファイバの光軸方向に対する第2の全反射面の角度 β とは、関係式 $\alpha + \beta \cong 90^\circ$ で設定されることを特徴とする。

【0013】第3の発明によれば、光ファイバから光導波路に伝搬される光波が、光導波路の光軸方向に対してほぼ平行に入射されるため、光ファイバと光導波路とは効率よく光結合できる。また、光導波路から光ファイバに伝搬される光波も、光ファイバの光軸方向に対してほぼ平行に入射されるため、光ファイバと光導波路とを効率よく光結合できる。

【0014】第4の発明は、第3の発明に従属する発明であって、第1の全反射面の角度 α は 45° で設定され、第2の全反射面の角度 β は 45° で設定されることを特徴とする。

【0015】第4の発明によれば、光波が、光ファイバのクラッドと光導波路基板のクラッド層とを垂直に通過するため、各層での反射による損失を低減できる。また、第1の全反射面と第2の全反射面との距離も最短となるため、第1の全反射面と第2の全反射面との間での、光波の広がりによる損失を最小限にできる。従って、光ファイバと光導波路とを、最大限に高効率で光結合できる。

【0016】第5の発明は、第1の発明に従属する発明であって、光ファイバは、光導波路基板上に接着剤で固定されることを特徴とする。

【0017】第5の発明によれば、光ファイバは、光導波路基板の上面に沿うように配置され、しかも接着剤で固定される。従って、光ファイバと光導波路基板との機械的強度が向上する。

【0018】第6の発明は、第5の発明に従属する発明であって、接着剤は、クラッド層と同じ屈折率を有し、

光ファイバと光導波路との間を伝搬する光波が通過する空間は、接着剤で埋められることを特徴とする。

【0019】第6の発明によれば、光ファイバから光導波路に入射される光波、あるいは光導波路から光ファイバに入射される光波が通過する空間が、クラッド層と同じの屈折率を有する接着剤で埋められる。そのため、上記光波は、同一屈折率物質中を伝搬することになり、外部への出射による損失を受けることがない。従って、光ファイバと光導波路との光結合効率が向上する。

【0020】第7の発明は、第1の発明に従属する発明であって、光導波路基板には、条溝が形成され、光ファイバは、条溝に沿って配置されることを特徴とする。

【0021】第7の発明によれば、光ファイバは、光導波路基板上に予め形成された条溝に沿って配置される。そのため、第1の発明で必要であった計3方向についての光ファイバの光軸調整は、水平軸方向の光軸調整が不要となるため、計2方向の光軸調整ですむ。従って、第1の発明よりも、光ファイバと光導波路との光軸調整作業の効率がさらに良くなる。

【0022】第8の発明は、第1または第7の発明に従属する発明であって、光ファイバには、光導波路と光ファイバとの位置関係を定置させるためのアライメント面が形成されることを特徴とする。

【0023】第8の発明によれば、光ファイバは、光ファイバのアライメント面と光導波路基板の端部とを同一平面上に一致させる治具で位置合わせをされた後、光導波路基板上に配置される。そのため、第1の発明で必要であった、計3方向についての光ファイバの光軸調整は、光軸方向の光軸調整が不要となるため、計2方向の光軸調整ですむ。従って、第1の発明よりも、光ファイバと光導波路との光軸調整作業の効率がさらに良くなる。

【0024】第9の発明は、第1または第7の発明に従属する発明であって、光導波路基板には、光導波路と光ファイバとの位置関係を定置させるためのアライメント面が形成されることを特徴とする。

【0025】第9の発明によれば、光ファイバは、光導波路基板のアライメント面と光ファイバの端部とを同一平面上に一致させる治具で位置合わせをされた後、光導波路基板上に配置される。そのため、第1の発明で必要であった、計3方向についての光ファイバの光軸調整は、光軸方向の光軸調整が不要となるため、計2方向の光軸調整ですむ。従って、第1の発明よりも、光ファイバと光導波路との光軸調整作業の効率がさらに良くなる。

【0026】第10の発明は、第1の発明に従属する発明であって、光ファイバと光導波路基板との位置関係は、光ファイバと光導波路とが光結合される光強度が、最適な光減少量となるような位置関係に調整されることを特徴とする。

【0027】第10の発明によれば、光ファイバと光導波路とが光学的に結合される面積を減少させることにより、光ファイバと光導波路とが光結合される光強度を小さくすることができる。すなわち、第1の全反射面と第2の全反射面との位置関係を変化させ、光ファイバは、最適な光強度減少量となったところで光軸調整される。従って、光ファイバと光導波路とが最適な光強度の減少量に光軸調整された後、光ファイバは、光導波路基板面上に配置されることで、光減衰機能を備えた光結合構造が実現できる。

【0028】第11の発明は、第1の発明に従属する発明であって、光ファイバを、光導波路基板に対して任意の方向に移動させるための可動手段をさらに備えている。

【0029】第11の発明によれば、光ファイバを、光導波路に対して任意の距離だけ移動させ、光ファイバの移動位置を制御する。そのため、光ファイバと光導波路とが光結合される光強度の減少量を、任意に調整することができる。従って、光ファイバと光導波路とが光結合される光強度が、最適な光強度の減少量となるように光ファイバの位置が制御されることで、可変光減衰機能を備えた光結合構造が実現できる。

【0030】第12の発明は、第1の発明に従属する発明であって、光導波路基板には、傾斜面に半透過型反射膜を介して、他の光導波路基板が接合されており、他の光導波路基板には、光導波路と光結合される別の光導波路が形成されていることを特徴とする。

【0031】第13の発明は、第1の発明に従属する発明であって、光導波路基板には、傾斜面に半透過型反射膜を介して、光ファイバが接合されることを特徴とする。

【0032】第14の発明は、第1の発明に従属する発明であって、光導波路基板には、傾斜面に半透過型反射膜を介して、受光素子が接合されることを特徴とする。

【0033】第12～14の発明によれば、光導波路基板には、傾斜面に半透過型反射膜を介し、他の光導波路基板あるいは光ファイバあるいは受光素子が接合される。半透過型反射膜は、光波を直進方向と全反射方向に分岐させるため、光分岐機能を備えた光結合構造が実現できる。

【0034】第15の発明は、第1の発明に従属する発明であって、光導波路基板には、傾斜面に波長分離フィルタを介して、他の光導波路基板が接合されており、他の光導波路基板には、光導波路と光結合される別の光導波路が形成されていることを特徴とする。

【0035】第16の発明は、第1の発明に従属する発明であって、光導波路基板には、傾斜面に波長分離フィルタを介して、光ファイバが接合されることを特徴とする。

【0036】第17の発明は、第1の発明に従属する発

明であって、光導波路基板には、傾斜面に波長分離フィルタを介して、受光素子が接合されることを特徴とする。

【0037】第15～17の発明によれば、光導波路基板には、傾斜面に波長分離フィルタを介し、他の光導波路基板あるいは光ファイバあるいは受光素子が接合される。波長分離フィルタは、通過可能な波長の光波を直進させ、それ以外の波長の光波を全反射させるため、光分波機能を備えた光結合構造が実現できる。

【0038】第18の発明は、第1の発明に従属する発明であって、傾斜面を有する光導波路基板は、所定の傾斜角が設けられた金型を用いたプレス成形によって形成されることを特徴とする。

【0039】第18の発明によれば、予め光導波路基板の金型に、所定の傾斜角を有する傾斜面を設け、当該金型に光導波路基板材料を入れプレス成形する。そのため、光導波路基板の傾斜面を容易に形成することができる。

【0040】第19の発明は、第2の発明に従属する発明であって、光導波路の上部のクラッド層は、ディップコーティング法によって形成され、光導波路基板の傾斜面には、ディップコーティング法によって、同時に保護膜が形成されることを特徴とする。

【0041】第19の発明によれば、ディップコーティング法によって、傾斜面が予め形成された光導波路基板に、光導波路上部のクラッド層を作製する。そのため、傾斜面にも同時にクラッド層が形成される。従って、作業工数の増加を伴わずに光導波路基板の傾斜面に保護膜を形成することができ、この保護膜により、第1の全反射面への異物の付着や結露を防止することができる。

【0042】

【発明の実施の形態】（第1の実施形態）図1～図3は、本発明の第1の実施形態に係る光結合構造を示す図である。なお、図1（a）は第1の実施形態に係る光結合構造の正面図であり、図1（b）は当該光結合構造の側面図である。図2は、図1（a）の断面a-a'を、b方向から見た断面図である。図3は、図1（b）の断面i-i'を、j方向から見た断面図である。以下、図1～図3を参照して、第1の実施形態について説明する。

【0043】図1において、第1の実施形態に係る光結合構造は、光ファイバ10と光導波路基板20とを備える。光ファイバ10は、光導波路基板20に接着剤70で固定される。光ファイバ10は、その中心部に配置されたコア11と、コア11を取り囲むクラッド13とを備えている。図2において、光導波路基板20は、その上部に設けられた断面矩形状の光導波路21と、光導波路21を取り囲むクラッド層22とバッファ層23とを備えている。光導波路基板20は、その端部が斜めにカットされ、結果として第1の全反射面24を備えてい

る。この第1の全反射面24は、光導波路21の光軸方向を基準にして角度 α でカットされており、ここでは、 $\alpha = 45^\circ$ で設定されている。光ファイバ10は、その端面が斜めにカットされ、結果として第2の全反射面12を備えている。この第2の全反射面12は、光ファイバ10の光軸方向を基準にして角度 β でカットされており、ここでは、 $\beta = 45^\circ$ で設定されている。

【0044】次に、光ファイバ10の光軸調整方法について説明する。図1において、光ファイバ10は、光導波路基板20の上面に沿うように配置され、光導波路基板20とは線接触状態を保っている。また、図2において、光ファイバ10は、第2の全反射面12が、光導波路基板20の上面に対して 45° になるように配置され、かつ、第2の全反射面12が+Y軸方向（すなわち光導波路基板20と反対方向）を向くように配置される。すなわち、光ファイバ10は、 θ_z （Z軸回転）方向に光軸調整される。さらに、光ファイバ10は、第2の全反射面12の中心位置が、光導波路21の第1の全反射面24の中心位置の直上になるように配置される。すなわち、光ファイバ10は、第2の全反射面12の中心位置と、光導波路21の第1の全反射面24の中心位置とが、X軸（水平）およびZ軸（光軸）の各方向について一致するように、光軸調整される。その後、光ファイバ10は、光導波路基板20に、クラッド層と同じ屈折率を有する接着剤70で固定される。接着剤70としては、屈折率が調整できるアクリル系紫外線硬化樹脂やエポキシ系紫外線硬化樹脂等が用いられる。

【0045】次に、第1の実施形態における、光波の伝搬について説明する。図2および図3において、光ファイバ10に入射され、コア11を伝搬してきた光波L1は、コア11の第2の全反射面12で全反射する。その後、光波L1は、クラッド13と接着剤70とクラッド層22とを通過し、光導波路21の第1の全反射面24に入射する。次に、光波L1は、第1の全反射面24で全反射し、光導波路21に伝搬する。このようにして、光ファイバ10と光導波路21とは、光結合される。

【0046】ここで、光導波路基板20の上部には、光ファイバ10と光導波路21との間に、クラッド層22が設けられている。光導波路21が外部に露出している状態と比較すると、上記クラッド層22により、光導波路21を伝搬する光波の光強度分布や光導波モード分布は均一となる。

【0047】なお、図3に示すように、光ファイバ10と光導波路基板20とは線接触状態である。このため、コア11から光導波路21までの間、上記光波L1は、外気中を通過することになる。そこで、少なくとも上記光波L1が通過する空間は、クラッド層と同じ屈折率を有する接着剤70で不足なく埋められる。そのため、上記光波L1は、同一屈折率物質中を伝搬することになり、外部への出射による損失を受けることがない。

【0048】前述した図13に示す従来の端面結合法では、X軸方向、Y軸（垂直）方向、 θx （X軸回転）方向、 θy （Y軸回転）方向の計4方向について、光ファイバの光軸調整が必要であった。しかしながら、第1の実施形態では、光ファイバ10は、光導波路基板20の上面に沿うように配置される。従って、図2に示す、Y軸方向および θx 方向の光ファイバ10の光軸調整は、一義的に定まるため不要となる。また、第2の全反射面12の中心を回転軸とし、 θy 方向に光ファイバ10を回転させても、光ファイバ10と光導波路21との光結合状態は変化しない。従って、 θy 方向の光ファイバ10の光軸調整も不要となる。その結果、第1の実施形態における光ファイバ10の光軸調整方向は、X軸、Z軸および θz 方向の計3方向ですむため、光ファイバ10と光導波路21との光軸調整作業は容易となる。

【0049】また、光ファイバ10の側面は、光導波路基板20に沿うように配置され、しかもその両面が接着剤70で固定される。従って、光ファイバ10と光導波路基板20との接続部は、安定度が増し、機械的強度が向上する。

【0050】さらに、全ての波長の光波を反射することができる全反射特性を利用しているため、伝搬する光波の波長により、第1の全反射面24と第2の全反射面12との傾斜角度を考慮する必要がない。また、光波が全反射する特性を利用しているため、光ファイバ10と光導波路21との光結合部では、モード不一致は発生せず、光結合効率も大きなものとなる。しかも、光導波路21は、周囲をクラッド層22で取り囲まれている。従って、光波は、光強度分布や光導波モード分布の不均衡を発生することなく、光導波路21を伝搬することができる。

【0051】ところで、光の可逆性と、スネルの法則による入射角と反射角との関係で、入射角と反射角が等しいことを考えると、光導波路21を光波の入射側にしても、同一構造で本発明を適用できることは、言うまでもない。

【0052】一方、上記第1の実施形態では、光ファイバ10を光導波路21と平行になるように配置したが、光ファイバ10と光導波路21とは、平行でなくてもかまわない。以下、光ファイバ10と光導波路21とが、平行でない場合の光結合構造について説明する。

【0053】図4は、光ファイバ10と光導波路21とが、角度 γ で光結合されている場合の光結合構造を示す図である。なお、図4（a）は当該光結合構造の一部を切り欠いて見た斜視図であり、図4（b）は、図4（a）のv方向から見た当該光結合構造の上面図である。なお、図4（b）では、説明を簡単にするために光ファイバ10および光導波路21以外の部品は省略されている。以下、図4を参照して、当該光結合構造について説明する。

【0054】前述と同様に、光導波路21の第1の全反射面24は、光導波路21の光軸方向を基準に角度 $\alpha = 45^\circ$ で傾斜している。また、光ファイバ10の第2の全反射面12は、光ファイバ10の光軸方向を基準に角度 $\beta = 45^\circ$ で傾斜している。上記第1の実施形態では、光ファイバ10を光導波路21と平行に配置したため、光ファイバ10は、光導波路21の直上に配置されていた。図4において、光ファイバ10は、光導波路21に対して角度 γ で配置されている。また、光ファイバ10は、上記第1の実施形態と同様に、第2の全反射面12の中心位置が、光導波路21の第1の全反射面24の中心位置の直上になるように配置されている。すなわち、光ファイバ10は、第2の全反射面12の中心を軸として、上記第1の実施形態の位置から、 θy 方向に角度 γ 回転させた状態で配置されている。それ以外は、第1の実施形態に係る光結合構造と同様であるので、同一部品には同一の参照符号を付して、その詳細な説明を省略する。

【0055】次に、光波の伝搬について説明する。図4において、上記第1の実施形態と同様に光ファイバ10に入射された光波L1は、第2の全反射面12で全反射する。その後、光波L1は、光導波路21の第1の全反射面24に入射する。次に、光波L1は、第1の全反射面24で全反射し、光導波路21を伝搬する。このようにして、光ファイバ10と光導波路21とは、光結合される。このように、光ファイバ10と光導波路21とは、平行でなくても本発明を適用することができる。

【0056】なお、第1の実施形態に係る光結合構造では、第1および第2の全反射面24および12の角度 α および β を、共に 45° に設定した。そのため、光波L1が、光ファイバ10のクラッド13と、接着剤70と、光導波路基板20のクラッド層21とを垂直に通過するため、各層での反射による損失を低減できる。また、第1の全反射面24と第2の全反射面12との距離も最短となる。従って、第1の全反射面24と第2の全反射面12との間における、光波L1の広がりによる損失を最小限にできる。したがって、角度 α および β を 45° にすることにより、光ファイバ10と光導波路21との光接合は、最大限に高効率にできる。

【0057】しかしながら、上記のような利点を期待しない場合は、第1および第2の全反射面24および12の角度 α および β を、 45° 以外の角度に設定してもかまわない。以下には、第1および第2の全反射面24および12の角度 α および β を、 45° 以外の角度に設定した場合の光結合構造について説明する。なお、図5は、当該角度に設定した場合の光結合構造の側断面詳細図である。部品構成については、前述した図2の実施形態と同様であるので、同一部品には同一の参照符号を付して、その詳細な説明を省略する。以下、図5を参照して、当該角度に設定した場合の光結合構造について説明

する。

【0058】図5において、第1の全反射面24の角度 α は、光導波路21の屈折率を n_1 、外気の屈折率を n_2 とすると、

$$\cos \alpha > n_2 / n_1$$

を満足する値に設定される。また、第2の全反射面12の角度 β は、コア11の屈折率を n_3 とすると、

$$\cos \beta > n_2 / n_3$$

を満足する値に設定される。さらに、角度 α および β の関係を、

$$\alpha + \beta \approx 90^\circ$$

とする。このような条件式を満足するように、角度 α および β は設定される。

【0059】次に、光ファイバ10と光導波路21との光軸調整方法について説明する。図5において、光ファイバ10は、光導波路基板20の上面に沿うように配置され、光導波路基板20とは線接触状態を保っている。また、光ファイバ10は、第2の全反射面12が、光導波路基板20の上面に対して角度 β になるように配置され、かつ、第2の全反射面12が+Y軸方向（すなわち光導波路基板20と反対方向）に向くように配置される。次に、光ファイバ10は、その第2の全反射面12の中心位置が、光導波路21の第1の全反射面24の中心位置の直上から距離 w だけZ軸方向にずれた位置に配置される。ここで、光ファイバ10の半径を r 、光導波路基板20の上面から光導波路21の中心までの距離を h とすると、距離 w は、

$$w = (r + h) / \tan 2\alpha$$

である。ただし、光ファイバ10は、距離 w が正の値の場合は-Z軸方向にずらし、距離 w が負の値の場合は+Z軸方向にずらして配置される。

【0060】図5において、光ファイバ10に入射され、コア11を伝搬してきた光波L1は、コア11の第2の全反射面12で全反射する。その後、光波L1は、クラッド13とクラッド層22とを通過し、光導波路21の第1の全反射面24に入射する。次に、光波L1は、第1の全反射面24で全反射し、光導波路21に伝搬する。このようにして、光ファイバ10と光導波路21とは、光結合される。

【0061】このように、第1および第2の全反射面24および12の角度 α および β を 45° 以外の角度に設定した場合でも、前述のように光ファイバ10と光導波路21とを光軸調整することにより、本発明を適用することができる。

【0062】一方、第1の実施形態では、光ファイバ10と光導波路21との光結合を、最大限に高効率にするために、光ファイバ10は、第2の全反射面12の中心位置が、光導波路21の第1の全反射面24の中心位置の直上になるように配置された。ここで、光ファイバ10と光導波路21との光学的に結合される面積を減少さ

せることにより、光ファイバ10と光導波路21とが光結合される光強度を小さくしてもよい。すなわち、第1の全反射面24と第2の全反射面12との位置関係を、直上位置から変化させるために、光ファイバ10を、前述のX軸、Z軸あるいは θ_z 方向に移動させる。そして、光ファイバ10は、最適な光強度減少量となったところで配置される。このように、光ファイバ10と光導波路21とが最適な光強度減少量に光軸調整された後、光ファイバ10は、光導波路基板20に前述の方法で固定されることで、光減衰機能を備えた光結合構造が実現できる。

【0063】さらに、光ファイバ10を、任意の距離だけ移動できる手段（例えばモータ付きステップや磁石、図示せず）と制御手段（図示せず）とを備えるようにしてもよい。すなわち、光導波路21に対して、光ファイバ10を、任意の距離だけ移動させ、光ファイバ10の移動位置を制御する。これによって、光ファイバ10と光導波路21とが光結合される光強度の減少量を、任意に調整することができる。このように、光ファイバ10と光導波路21とが光結合される光強度が、最適な光強度減少量となるように、光ファイバ10の位置が制御されることで、可変光減衰機能を備えた光結合構造が実現できる。

【0064】（第2の実施形態）図6～図8は、本発明の第2の実施形態に係る光結合構造を示す図である。なお、図6（a）は第2の実施形態に係る光結合構造の正面図であり、図6（b）は当該光結合構造の側面図である。図7は、図6（a）の断面c-c'を、d方向から見た断面図である。図8は、当該光結合構造において、治具による位置合わせ方法を示した側面図である。以下、図6～図8を参照して、第2の実施形態について説明する。

【0065】図6において、第2の実施形態では、光ファイバ10の第2の全反射面12の先端部にアライメント面14が形成されている。また、図8において、当該光結合構造は、治具80が用いられている。それら以外は、第1の実施形態と同様であるので、同一部品には同一の参照符号を付して、その詳細な説明を省略する。

【0066】次に、光ファイバ10におけるアライメント面14について説明する。図7において、光ファイバ10の第2の全反射面12の先端部分は、長さ s だけカットされる。これによって、光ファイバ10の先端には、アライメント面14が形成される。このアライメント面14は、第1の全反射面24の先端部gとアライメント面14とを同一平面上に一致させることで、光ファイバ10のZ軸方向の光軸調整を不要にするために設けられた面である。従って、長さ s は、アライメント面14と上記先端部gとを同一平面上に一致させたとき、光ファイバ10がZ軸方向に光軸調整されるように設定される。ここで、光ファイバ10の半径を r 、光導波路基

板20の上面から光導波路21の中心までの距離を h とすると、長さ s は、

$$s = | (r / \sin 2\beta) - (h / \sin 2\alpha) |$$

となる。また、角度 α および β が共に 45° の場合は、 $s = | r - h |$

となる。ここで、 $r > h$ とすると、光ファイバ10は、その第2の全反射面12の先端部分が、このように計算された長さ s だけ研磨等でカットされる。なお、 $r < h$ の場合は、後述で説明する。

【0067】次に、光ファイバ10と光導波路基板20との位置合わせ方法について説明する。図8において、光ファイバ10は、光導波路基板20の上面に沿うように配置される。次に、治具80の面81に、アライメント面14と第1の全反射面24の先端部 g とを、Z軸方向につき合わせることで同一平面上に一致させる。その後、光ファイバ10は、第1の実施形態と同様にX軸および θ_z の各方向について光軸調整され、光導波路基板20に接着剤70で固定される。

【0068】ここで、長さ s は、アライメント面14と上記先端部 g とを同一平面上に一致させたとき、光ファイバ10がZ軸方向に光軸調整されるように設定されている。従って、アライメント面14と上記先端部 g とを同一平面上に一致させると、光ファイバ10のZ軸方向の光軸調整は不要となる。その結果、第1の実施形態において必要であった、X軸、Z軸および θ_z 方向の計3方向についての光ファイバ10の光軸調整は、X軸および θ_z 方向の計2方向となる。従って、光ファイバ10と光導波路21との光軸調整作業は、第1の実施形態よりもさらに容易となる。

【0069】なお、前述の説明では、 $r > h$ を条件として、光ファイバ10の第2の全反射面12に、アライメント面14が設けられる例を示した。一方、 $r < h$ の場合、長さ s は、上記と同様の計算式で導かれるが、アライメント面は、光導波路基板20側に形成される。すなわち、光導波路基板20は、その第1の全反射面24の先端部分が、長さ s だけ光導波路21に対して垂直に研磨やプレス成形等でカットされ、結果としてアライメント面が設けられる。そして、光ファイバ10は、光導波路基板20の上面に沿うように配置される。次に、治具80の面81に、第2の全反射面12の先端部と、光導波路基板20に設けられたアライメント面とを、Z軸方向につき合わせることで同一平面上に一致させる。その後、光ファイバ10は、第1の実施形態と同様に、X軸および θ_z の各方向について光軸調整され、光導波路基板20に接着剤70で固定される。このように、 $r < h$ の場合でも、光ファイバ10のZ軸方向の光軸調整は不要となる。

【0070】(第3の実施形態) 図9および図10は、本発明の第3の実施形態に係る光結合構造を示す図である。なお、図9は、第3の実施形態に係る光結合構造の

側面図である。図10は、当該光結合構造の正面の詳細図である。以下、図9および図10を参照して、第3の実施形態について説明する。

【0071】図9および図10において、光導波路基板20の上部には、光ファイバ10と光導波路基板20とが線接触する部分に、条溝25が設けられている。それ以外は、第1の実施形態と同様であるので、同一部品には同一の参照符号を付して、その詳細な説明を省略する。

【0072】次に、光導波路基板20に設けられた条溝25について説明する。図9および図10において、条溝25の深さ u は、光導波路21から光導波路基板20の上面までの距離より小さな寸法に設定される。すなわち、条溝25の深さ u は、条溝25と光導波路21とが干渉しない深さに設定される。また、光導波路基板20の上面における条溝25の位置は、光導波路21に対して光軸調整された光ファイバ10が、光導波路基板20と接触すべき線上に設定される。すなわち、条溝25は、光導波路21の直上に形成される。また、条溝25は、予め光導波路基板20のプレス成形時に一体成形されたり、エッチング等で設けられる。

【0073】次に、光ファイバ10と光導波路基板20との位置合わせ方法について説明する。図10において、光ファイバ10は、条溝25にはまり込むように配置される。このとき、光ファイバ10は、条溝25に深さ t だけはまり込んでいる。その後、第1の実施形態と同様に、光ファイバ10は、Z軸および θ_z の各方向について光軸調整され、配置される。また、光ファイバ10は、光導波路基板20と接着剤70で固定される。その際、光ファイバ10と条溝25との間に空間がある場合、その空間は、接着剤70で不足なく埋められる。

【0074】ここで、条溝25は、光軸調整された光ファイバ10が、光導波路基板20と接触すべき線上に、予め設けられている。従って、光ファイバ10は、条溝25にはまり込むように配置されると、光ファイバ10のX軸方向の光軸調整は不要となる。その結果、第1の実施形態で必要であった、X軸、Z軸および θ_z 方向の計3方向についての光ファイバ10の光軸調整は、Z軸および θ_z 方向の計2方向となる。このように、光ファイバ10と光導波路21との光軸調整作業は、第1の実施形態よりもさらに容易となる。

【0075】また、光ファイバ10と光導波路21との距離は、光ファイバ10が条溝25にはまり込む深さ t だけ短縮されることになり、光の広がりによる損失を低減できるので、第1あるいは第2の実施形態に係る光結合構造と比較すると、さらに光結合の効率がよくなる。

【0076】なお、第3の実施形態では、図4に示したように、光ファイバ10は、光導波路21の光軸方向に対して角度 γ で配置されていてもよい。この場合も、光導波路基板20の上面における条溝25の位置を、光導

波路 21 に対して光軸調整された光ファイバ 10 が、光導波路基板 20 と接触すべき線上に設定することにより、本発明を適用できる。

【0077】さらに、第 2 の実施形態に係る光結合構造と、第 3 の実施形態に係る光結合構造とを、組み合わせるようにしてもよい。この 2 つの実施形態を組み合わせることにより、光ファイバ 10 の光軸調整は、 θ x 方向のみにすることができる。まず、図 10 における条溝 25 の形成方法は、前述と同様であるので、ここでは説明を省略する。次に、図 7 におけるアライメント面 14 の形成方法について説明する。長さ s は、次のように計算される。光ファイバ 10 の半径を r 、光導波路基板 20 の上面から光導波路 21 の中心までの距離を h 、光ファイバ 10 が条溝 25 にはまり込む深さを t とすると、長さ s は、 $r > h$ の場合、

$$s = (r / \sin 2\beta) - \{(h - t) / \sin 2\alpha\} - (t / \tan \alpha)$$

となる。また、角度 α および β が共に 45° の場合、長さ s は、

$$s = r - h$$

となる。光ファイバ 10 は、その第 2 の全反射面 12 の先端部分が、このように計算された長さ s だけ研磨等でカットされ、その結果、アライメント面 14 が設けられる。なお、 $r < h$ の場合は、後述で説明する。

【0078】次に、第 2 の実施形態と同様に、光ファイバ 10 は、光導波路基板 20 と位置合わせが行われる。すなわち、治具 80 の面 81 に、アライメント面 14 と光導波路基板 20 の第 1 の全反射面 24 の先端部 g とを、Z 軸方向につき合わせるにより同一平面上に一致させる。同時に、光ファイバ 10 は、条溝 25 にはまり込むように配置される。

【0079】ここで、光ファイバ 10 は、アライメント面 14 と上記先端部 g とを同一平面上に一致させると、Z 軸方向の光軸調整が不要となる。また、光ファイバ 10 は、条溝 25 にはまり込むように配置されると、光ファイバ 10 の X 軸方向の光軸調整は不要となる。従って、光ファイバ 10 の X 軸および Z 軸の各方向についての光軸調整は不要となる。その結果、第 1 の実施形態において必要であった、X 軸、Z 軸および θ z 方向の計 3 方向についての光ファイバ 10 の光軸調整は、 θ z 方向のみの光軸調整作業となる。

【0080】なお、前述の説明では、 $r > h$ を条件として、光ファイバ 10 の第 2 の全反射面 12 に、アライメント面 14 が設けられる例を示した。一方、 $r < h$ の場合、アライメント面は光導波路基板 20 側に設けられる。この場合の長さ s は、

$$s = (h / \sin 2\alpha) - \{(r - t) / \sin 2\beta\} - (t / \tan \beta)$$

となる。また、角度 α および β が共に 45° の場合は、 $s = h - r$

となる。光導波路基板 20 は、第 1 の全反射面 24 の先端部分が、長さ s だけ光導波路 21 に対して垂直に研磨やプレス成形等でカットされ、結果としてアライメント面が設けられる。その後、第 2 の実施形態と同様に、光ファイバ 10 は、光導波路基板 20 と位置合わせが行われる。すなわち、治具 80 の面 81 に、光ファイバ 10 の第 2 の全反射面 12 の先端部と、光導波路基板 20 に設けられた上記アライメント面とを、Z 軸方向につき合わせるにより同一平面上に一致させる。同時に、光ファイバ 10 は、条溝 25 にはまり込むように配置される。このように、 $r < h$ の場合についても、光ファイバ 10 の光軸調整は、 θ z 方向のみの光軸調整作業となる。

【0081】（第 4 の実施形態）図 11 は、本発明の第 4 の実施形態に係る光結合構造を示す図である。なお、図 11 は、当該光結合構造の側断面図である。以下、図 11 を参照して、第 4 の実施形態について説明する。

【0082】図 11 において、第 4 の実施形態に係る光結合構造は、前述の第 1 の実施形態に係る光結合構造に、光導波路基板 30 と半透過型反射膜 40 とを追加したものである。第 4 の実施形態において、第 1 の実施形態の光結合構造と同様の部分には同一の参照符号を付して、その詳細な説明を省略する。

【0083】次に、光導波路基板 30 と半透過型反射膜 40 とについて説明する。図 11 において、光導波路基板 30 は、第 1 の実施形態に係る光結合構造に備えられている光導波路基板 20 と、同一構造を備えている。すなわち、光導波路基板 30 は、その上部に設けられた断面矩形状の光導波路 31 と、光導波路 31 を取り囲むクラッド層 32 とバッファ層 33 とを備えている。また、光導波路基板 30 は、その端部が斜めにカットされ、結果として第 3 の全反射面 34 を備えている。この第 3 の全反射面 34 は、光導波路 31 の光軸方向を基準にして角度 α でカットされており、ここでは、 $\alpha = 45^\circ$ で設定されている。さらに、第 1 あるいは第 3 の全反射面 24 あるいは 34 には、半透過型反射膜 40 がスパッタリング等で設けられている。この半透過型反射膜 40 は、金属や誘電体の多層膜であり、光波を部分透過／反射する特性を有している。そして、第 3 の全反射面 34 は、光導波路 21 と光導波路 31 とが直交するように、半透過型反射膜 40 を介して、第 1 の全反射面 24 と接合される。その後、光導波路基板 30 は、第 1 の全反射面 24 との接合面の外周部に、適当な接着剤（図示せず）を塗布することにより、光導波路基板 20 と相互に固定される。

【0084】次に、第 4 の実施形態における、光波の伝搬について説明する。図 11 において、光ファイバ 10 に入射されコア 11 を伝搬してきた光波 L1 は、第 2 の全反射面 12 で全反射する。その後、光波 L1 は、クラッド 13 と接着剤 70 とクラッド層 22 とを通過し、光

導波路21の第1の全反射面24に入射する。次に、光波L1は、第1の全反射面24と第3の全反射面34との間に設けられた、半透過型反射膜40によって分岐する。すなわち、光波L1は、半透過型反射膜40で全反射し光導波路21に伝搬する光波L2と、半透過型反射膜40を透過し光導波路31に伝搬する光波L3とに分岐する。

【0085】このように、第1の実施形態に係る光結合構造で備えられていた光導波路基板20の全反射面を利用し、光導波路基板20と同じ製造工程で作製される同

10 じ構造の光導波路基板30と、半透過型反射膜40とを用いて、光分岐機能を備えた光結合構造を実現できる。

【0086】さらに、第4の実施形態に係る光結合構造が備えている半透過型反射膜40の代わりに、波長分離フィルタを設置してもよい。この波長分離フィルタは、高/低屈折率誘電体膜を積層することにより設けられる。ここでは、波長 λ_1 の光波のみ通過させる波長選択性透過膜を、波長分離フィルタとして設置する。これによって、前述と同様に、光ファイバ10に光波L1を入射した場合、上記光波L3は波長 λ_1 のみの光波となり、その他の波長の光波は波長分離フィルタで全反射し

20 光波L2に分岐する。すなわち、光導波路31には、波長 λ_1 のみ光波L3として伝搬され、光導波路21には、波長 λ_1 以外の光波L2が伝搬されることになる。

【0087】このように、第1の実施形態に係る光結合構造で備えられていた光導波路基板20の全反射面を利用し、光導波路基板20と同じ製造工程で作製される、同じ構造の光導波路基板30と、波長分離フィルタとを用いて、光分岐機能を備えた光結合構造を実現できる。

30 【0088】なお、前述では、波長分離フィルタとして波長選択性透過膜を用いたが、波長選択性反射膜を用いてもいいし、長波長透過フィルタあるいは短波長透過フィルタ等を用いても、本発明を適用できることは言うまでもない。

40 【0089】以上、第4の実施形態に係る光結合構造について説明したが、第1の全反射面24には、光導波路基板30に代えて、光ファイバあるいは受光素子等を接合してもよい。前述同様の接続構造で、光ファイバあるいは受光素子等を、半透過型反射膜あるいは波長分離フィルタを介して、第1の全反射面24に接合することにより、光ファイバあるいは受光素子等に光分岐あるいは光分岐する機能を備えた光結合構造を実現できる。

【0090】（第5の実施形態）第4の実施形態では、光ファイバ10を光波の入射側として説明した。ここでは、光導波路21を光波の入射側にした第5の実施形態に係る光結合構造を説明する。なお、図12は当該光結合構造の側断面図である。以下、図12を参照して、第5の実施形態について説明する。

【0091】図12において、第5の実施形態に係る光結合構造は、前述の第1の実施形態に係る光結合構造

に、光導波路基板50と半透過型反射膜40とを追加したものである。第4の実施形態において、第1の実施形態の光結合構造と同様の部分には同一の参照符号を付して、その詳細な説明を省略する。

【0092】次に、光導波路基板50と半透過型反射膜40とについて説明する。図12において、光導波路基板50は、第1の実施形態に係る光結合構造に備えられている光導波路基板20と、同様の構造を備えている。すなわち、光導波路基板50は、その上部に設けられた断面矩形状の光導波路51と、光導波路51を取り囲むクラッド層52とバッファ層53とを備えている。また、光導波路基板50は、その端部が斜めにカットされ、結果として第4の全反射面54を備えている。ただし、この第4の全反射面54は、光導波路51の光軸方向を基準にして角度 $(180^\circ - \alpha)$ でカットされており、ここでは、 $\alpha = 45^\circ$ で設定されている。また、第1の全反射面24あるいは第4の全反射面54には、半透過型反射膜40がスパッタリング等で設けられている。この半透過型反射膜40は、金属や誘電体の多層膜であり、光波を部分透過/反射する特性を有している。そして、第4の全反射面54は、光導波路21と光導波路51とが直線的に配置されるように、半透過型反射膜40を介して、第1の全反射面24と接合される。その後、光導波路基板50は、第1の全反射面24との接合面の外周部に、適当な接着剤（図示せず）を塗布することにより、光導波路基板20と相互に固定される。

【0093】次に、第5の実施形態における、光波の伝搬について説明する。図12において、光導波路21に入射され光導波路21を伝搬してきた光波L4は、第1の全反射面24と第4の全反射面54との間に設けられている、半透過型反射膜40に入射する。次に、光波L4は、半透過型反射膜40により分岐する。すなわち、光波L4は、半透過型反射膜40を透過し光導波路51に伝搬する光波L5と、半透過型反射膜40で全反射する光波L6に分岐する。全反射した光波L6は、クラッド層22と接着剤70とクラッド13とを通過し、第2の全反射面12に入射する。その後、光波L6は、コア11の第2の全反射面12で全反射し、光ファイバ10を伝搬していく。従って、光波L4は、半透過型反射膜40によって、光導波路51に伝搬する光波L5と、光ファイバ10に伝搬する光波L6とに分岐することになる。

【0094】このように、第1の実施形態に係る光結合構造で備えられていた光導波路基板20の全反射面を利用し、光導波路基板50と、半透過型反射膜40とを用いて、光分岐機能を備えた光結合構造を実現できる。

【0095】さらに、第5の実施形態に係る光結合構造が備えている半透過型反射膜40の代わりに、波長分離フィルタを設置してもよい。この波長分離フィルタは、高/低屈折率誘電体膜を積層することにより設けられ

る。ここでは、波長 $\lambda 1$ の光波のみ通過させる波長選択性透過膜を、波長分離フィルタとして設置する。これによって、前述と同様に、光導波路21に光波L4を入射した場合、上記光波L5は波長 $\lambda 1$ のみの光波となり、その他の波長の光波は、波長分離フィルタで全反射し光波L6に分波する。すなわち、光導波路51には、波長 $\lambda 1$ のみ光波L5が伝搬され、光ファイバ10には、波長 $\lambda 1$ 以外の光波L6が伝搬されることになる。

【0096】このように、第1の実施形態に係る光結合構造で備えられていた光導波路基板20の全反射面を利用し、光導波路基板50と、波長分離フィルタとを用いて、光分波機能を備えた光結合構造を実現できる。

【0097】なお、前述では、波長分離フィルタとして波長選択性透過膜を用いたが、波長選択性反射膜を用いてもいいし、長波長透過フィルタあるいは短波長透過フィルタ等を用いても、本発明を適用できることは言うまでもない。

【0098】以上、第5の実施形態に係る光結合構造について説明したが、第1の全反射面24には、光導波路基板50に代えて、光ファイバあるいは受光素子等を接合してもよい。前述同様の接続構造で、光ファイバあるいは受光素子等を、半透過型反射膜あるいは波長分離フィルタを介して、第1の全反射面24に接合することにより、光ファイバあるいは受光素子等に光分岐あるいは光分波する機能を備えた光結合構造を実現できる。

【0099】次に、前述した各実施形態に係る光結合構造の製造方法について説明する。各実施形態で用いられる、光ファイバや光導波路基板の全反射面は、研磨器等により所定の角度に斜め研磨することにより形成することができる。しかし、予め側面が所定の角度を有する傾斜面を設けた金型に、光導波路基板材料となるSiO₂系のガラスや、PMMA（ポリメチルメタクリレート）あるいはフッ素化ポリイミド等のプラスチックを入れる。そして、上記金型の上部から、光導波路用の溝が造型された別の金型でプレスすることにより、光導波路基板には、同時に、所定の角度の全反射面と光導波路用の溝とを形成することができる。しかも、光導波路基板の金型に傾斜面を形成することで、光導波路基板は、プレス後の金型からの剥離が容易となる。その後、上記傾斜面を設けた金型の中で、スピンコート等により光導波路用の溝に紫外線硬化樹脂等のコア剤を注入し、光導波路が形成される。さらに、上部クラッドとなる層を、ディップコーティングにより作製することにより、光導波路基板には、同時に、所定の角度の全反射面を含む傾斜面にも薄膜が形成される。この薄膜は、上部クラッド層と

同一素材の保護膜となる。この保護膜は、光導波路の全反射面が外部に露出することを防ぎ、異物の付着や結露を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る光結合構造を示す図である。

【図2】図1の線a-a'で切断した断面図である。

【図3】図1の線i-i'で切断した断面図である。

【図4】角度 γ で光ファイバと光導波路とが光結合する構造を示す図である。

【図5】光ファイバと光導波路とが光結合する構造の側断面詳細図である。

【図6】本発明の第2の実施形態に係る光結合構造を示す図である。

【図7】図6の線c-c'で切断した断面図である。

【図8】本発明の第2の実施形態に係る光結合構造の、治具による位置合わせを示す図である。

【図9】本発明の第3の実施形態に係る光結合構造の側断面図である。

【図10】本発明の第3の実施形態に係る光結合構造の正面詳細図である。

【図11】本発明の第4の実施形態に係る光結合構造を示す図である。

【図12】本発明の第5の実施形態に係る光結合構造を示す図である。

【図13】従来の端面接合法の構造を示す図である。

【図14】特許2946434号公報で開示された光結合構造を示す図である。

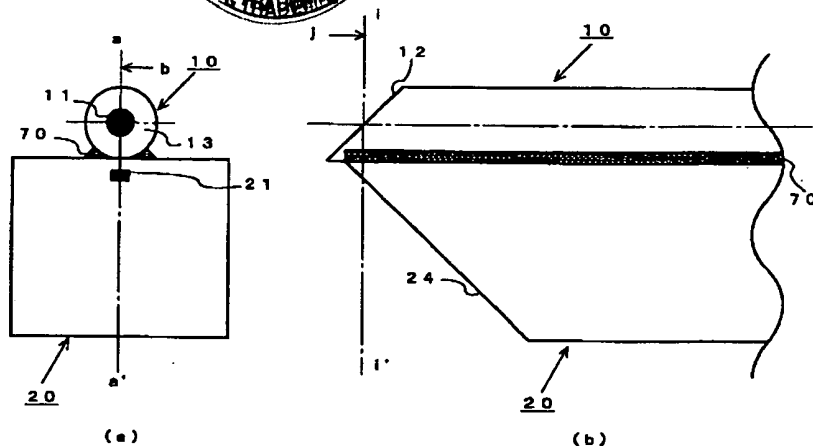
【符号の説明】

- 10…光ファイバ
- 11…コア
- 12…第2の全反射面
- 13…クラッド
- 14…アライメント面
- 20、30、50…光導波路基板
- 21、31、51…光導波路
- 22、32、52…クラッド層
- 23、33、53…バッファ層
- 24…第1の全反射面
- 25…条溝
- 34…第3の全反射面
- 40…半透過型反射膜
- 54…第4の全反射面
- 70…接着剤
- 80…治具



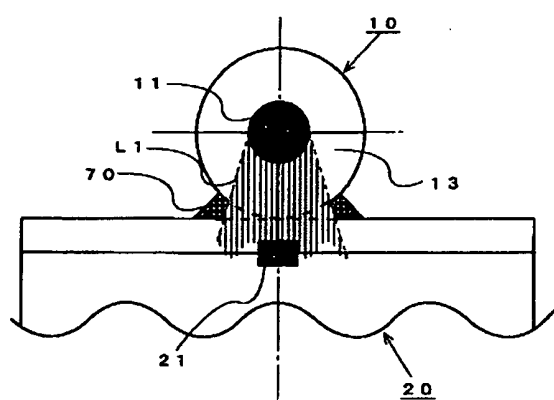
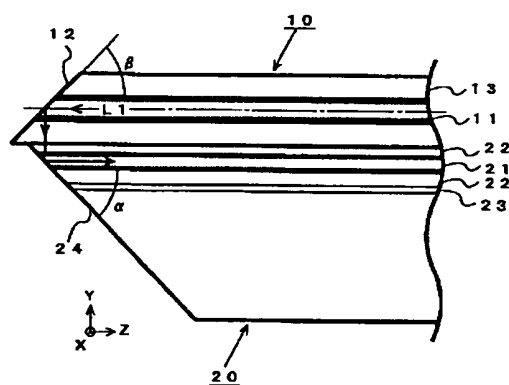
(13)

特開2002-23004



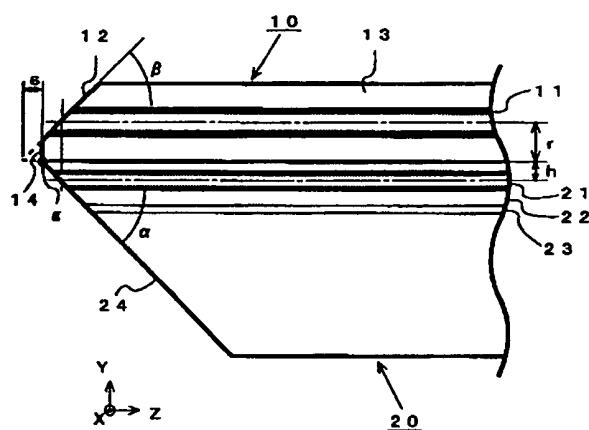
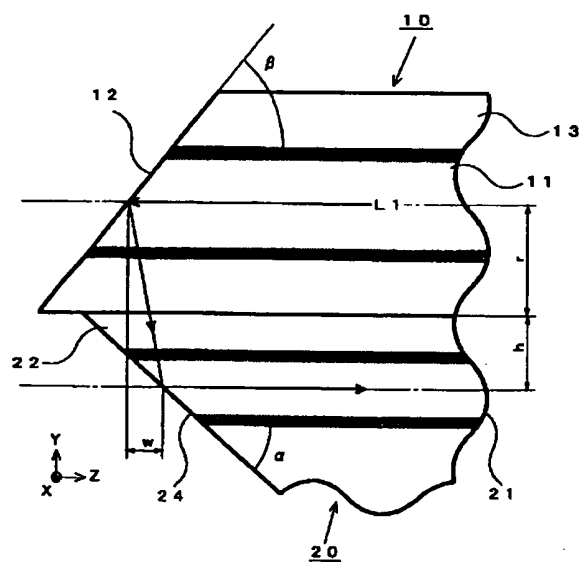
【図2】

【図3】

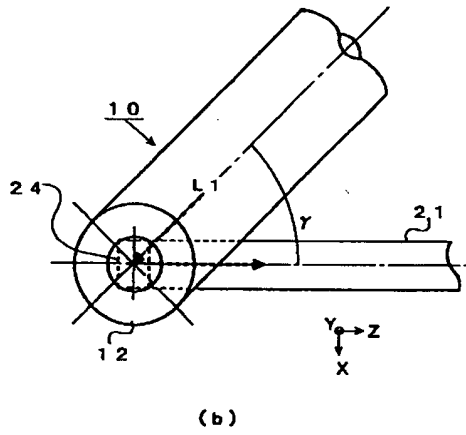
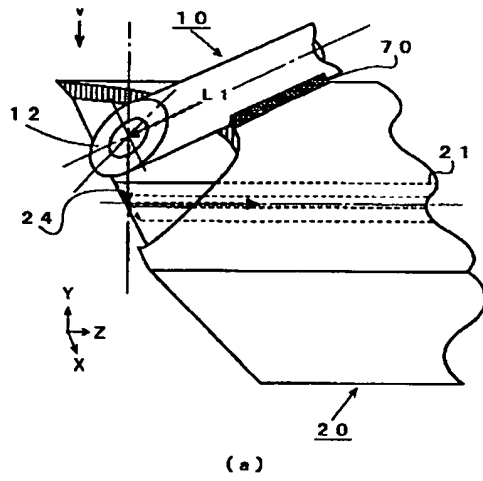


【図5】

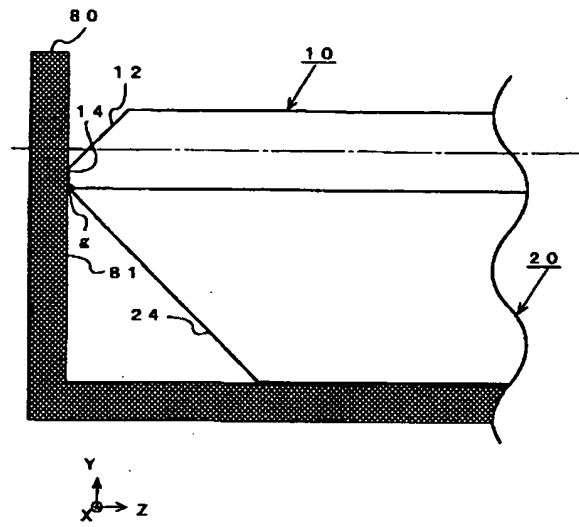
【図7】



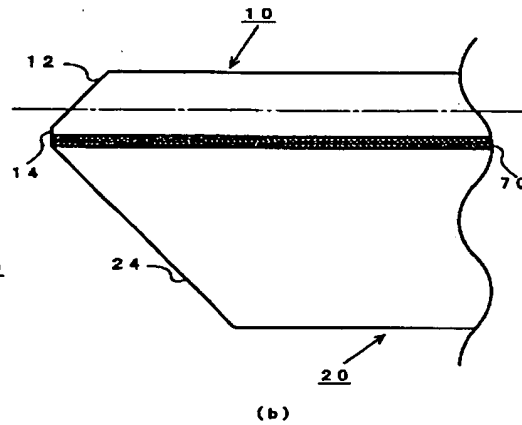
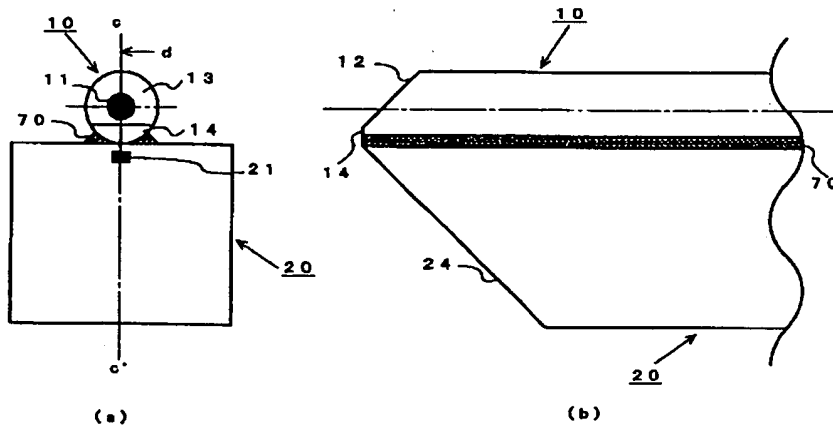
【図4】



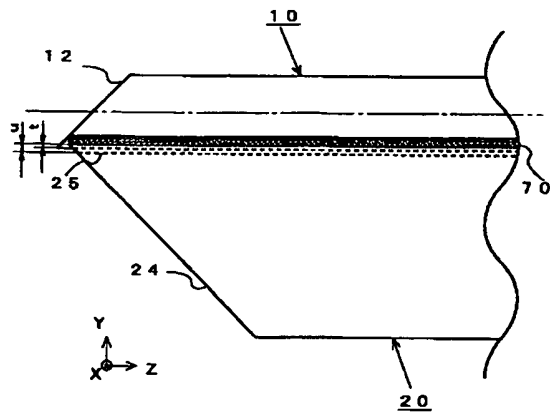
【図8】



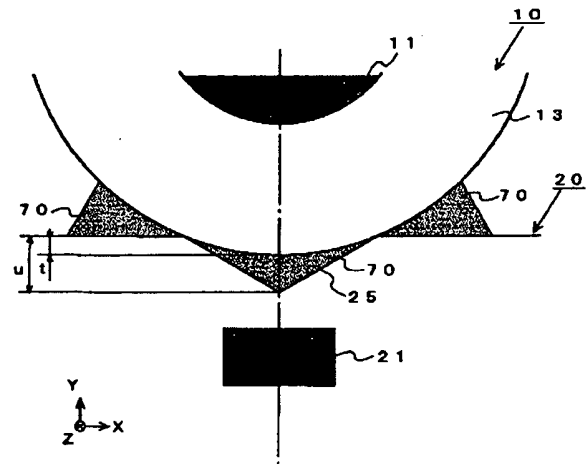
【図6】



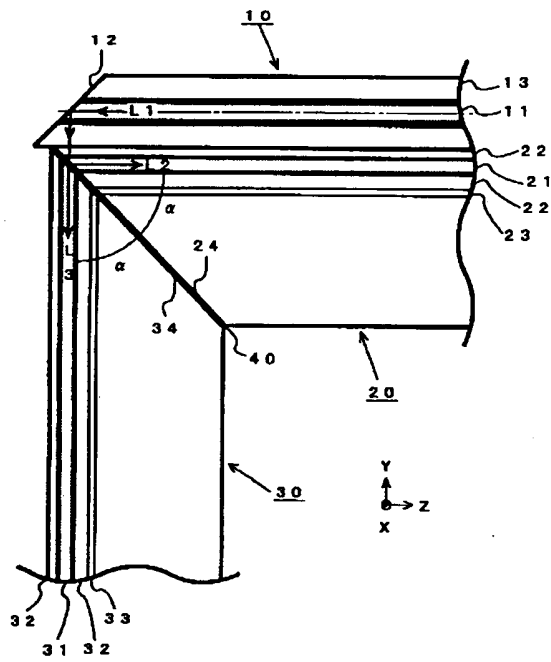
【図9】



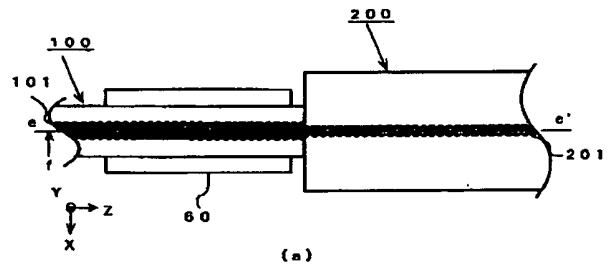
【図10】



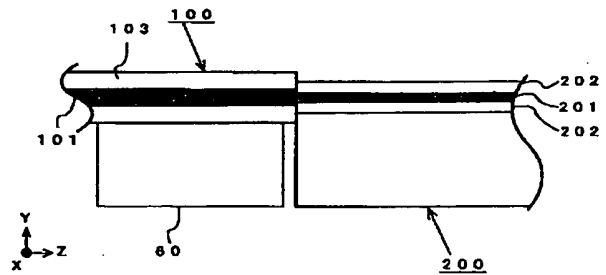
【図11】



【図13】

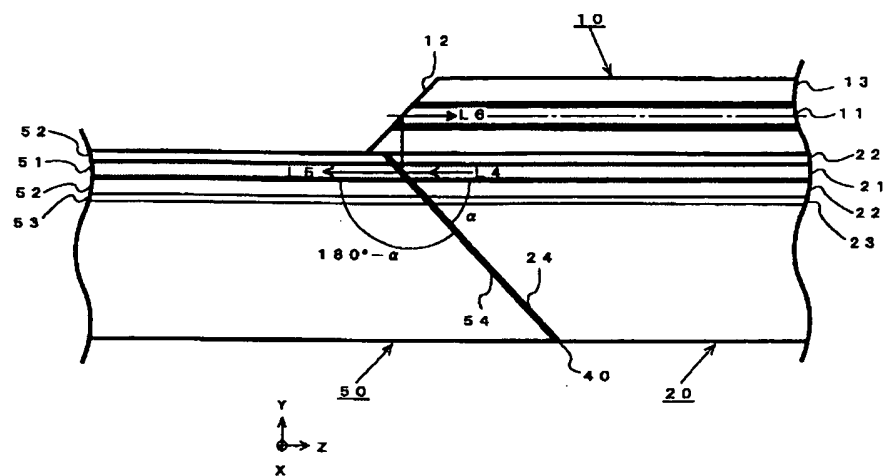


(a)



(b)

【図12】



【図14】

